

Inactivation des virus en fonction de la dose

On va d'abord calculer comment évolue la proportion de virus détruit en fonction de la dose de rayonnement UV (Joules / m²).

n : nombre de virus / m² à un instant t

P : puissance des UV en Watts / m²

Au départ on a une surface contaminée par N_0 virus / m²

Cette surface est irradiée par une source UV C de puissance P / m². Cette source inactive les virus au cours du temps.

A chaque instant la variation dn du nombre de virus est proportionnelle au nombre des virus n et à la dose reçue dans l'intervalle de temps dt , soit $P \cdot dt$ (Joules / m²) qui correspond fondamentalement à un nombre de photons UV C par unité de surface

$$dn = -k \cdot n \cdot P \cdot dt$$

k est un coefficient de proportionnalité positif qui dépend de la sensibilité des virus aux UV C mais aussi de la nature de la surface contaminée. Une surface de tissu par exemple peut contribuer à protéger le virus des radiations, conduisant à des valeurs de k faibles.

Le signe moins traduit le fait que la variation du nombre des virus au cours du temps est une diminution.

On peut maintenant intégrer cette équation

$$\int_{N_0}^N \frac{dn}{n} = -k \cdot P \cdot \int_0^{t(N)} dt$$

$$[\text{Log}(n)]_{N_0}^N = \text{Log}(N) - \text{Log}(N_0) = \text{Log}\left(\frac{N}{N_0}\right) = -k \cdot P \cdot t(N)$$

Ce qui nous donne finalement le nombre de virus N encore actifs après un temps d'irradiation $t(N)$

$$\frac{N}{N_0} = e^{-k \cdot P \cdot t(N)}$$

$P \cdot t(N)$ est la dose en Joules / m² nécessaire pour que la proportion de virus restant soit N / N_0 .

On définit généralement $D(X\%)$ qui correspond à la dose pour que $X\%$ de virus soient détruits. On a alors : $1 - X/100 = e^{-k \cdot D(X\%)}$

Cette relation permet de voir que quelle que soit la valeur de k , $D(99\%) = 2 \times D(90\%)$: La dose nécessaire pour éliminer 99% des virus est le double de celle nécessaire pour en éliminer 90%.

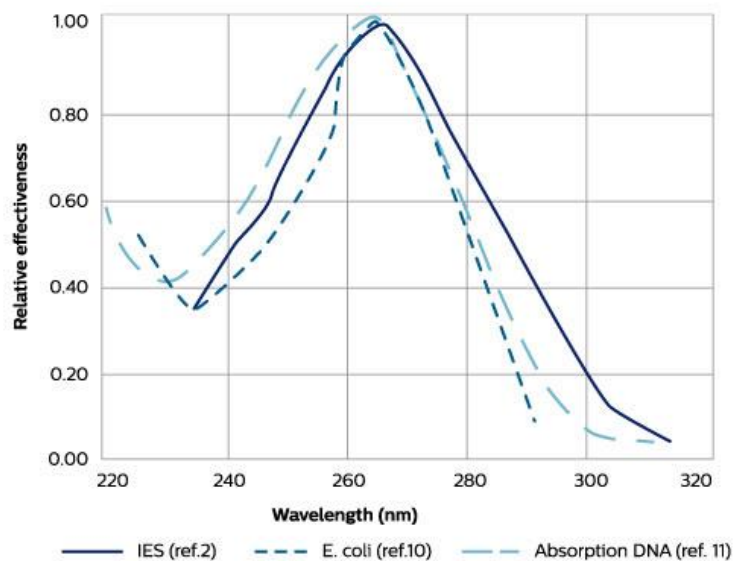
Dans les publications on trouve souvent $D(90\%)$.

Quelles doses contre SARS Cov2 en aérosols ?

Ce n'est pas une donnée facile à trouver. Heureusement une publication récente donne des valeurs mesurées pour deux virus transportés par des aérosols (et non pas sur des surfaces contaminées). Malheureusement ces valeurs ont été mesurées pour une radiation centrée sur 222 nm.

Nous allons donc devoir extrapoler pour une radiation centrée sur 254 nm et pour le SARS Cov 2 (virus de la Covid 19).

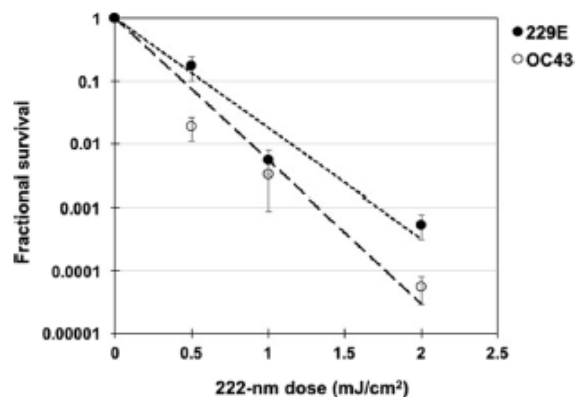
Pour extrapoler nous allons utiliser une courbe de sensibilité des virus en fonction de la longueur d'onde, courbe donnée sur le site de Philips (<https://www.lighting.philips.fr/produits/uv-c#footnote>).



Sur cette courbe on peut voir que le pic de sensibilité pour l'ADN se situe vers 265 nm. De plus on peut estimer les sensibilités relatives aux deux longueurs d'onde qui nous intéressent : A 222 nm la sensibilité semble légèrement inférieure à celle à 254 nm.

On pourra donc considérer que les doses mesurées à 222 nm seraient très proches de celles mesurées à 254 nm.

On pourra donc utiliser directement les valeurs de doses @222nm données dans la publication de Nature: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-67211-2.pdf>



Human coronavirus type	k (cm ² /m)	k 95% confidence interval		p value	R ²	D ₉₀ (mJ/cm ²)
		Lower	Upper			
HCoV-229E	4.1	2.5	4.8	0.0003	0.86	0.56
HCoV-OC43	5.9	3.8	7.1	0.0001	0.78	0.39

Doses (90%) @222 nm tabulées pour les deux virus en aérosols

Avec les valeurs de k qui sont données, on calcule que la dose $D_{222nm}^{HCoV-229E}$ (99%) est de 1.12 mJ/cm² pour des aérosols. (Voir formule d'évolution de N/N₀ en fonction de la dose).

A titre de comparaison le site de Philips donne une dose $D_{254nm}^{SARS Cov 2}$ (99%) de 5 mJ/cm², mais pour les surfaces.

Ce n'est probablement pas la nature du virus qui fait la différence mais plutôt le fait que l'un est sous forme d'aérosols et l'autre posé sur une surface. Ces deux valeurs semblent donc tout à fait cohérentes si on considère qu'il est plus facile d'atteindre l'ADN d'un virus qui est transporté sans aucune protection, sous forme d'aérosol.

Cependant, par sécurité on va considérer une marge d'un facteur 5 sur l'extrapolation de la dose capable d'inactiver le virus SAR Cov 2 sous forme d'aérosols.

Ainsi, pour dimensionner l'enceinte d'irradiation on prendra une dose $D_{254nm}^{SARS Cov 2}$ (99%) égale à 5 mJ/cm², soit 50 Joules / m².

Notons que dans notre cas il n'est pas utile de considérer des doses supérieures à D(99 %) comme pour la stérilisation des surfaces dans le milieu médical. En effet on verra que les purificateurs agissent comme une réduction du risque de contagion en réduisant la concentration en virus (typiquement 5 à 10 fois), mais ne sont pas capables d'amener cette concentration à zéro. Il ne servirait donc à rien d'appliquer des doses où 99.99% des virus seraient détruits.